

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

EP 0 792 944 A1

(12)

## DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:  
03.09.1997 Bulletin 1997/36

(51) Int Cl.<sup>6</sup> C22C 38/08, C22C 38/42

(21) Numéro de dépôt: 97400354.3

(22) Date de dépôt: 18.02.1997

(84) Etats contractants désignés:  
AT BE DE ES FR GB IT PT SE

(30) Priorité: 01.03.1996 FR 9602595

(71) Demandeur: CREUSOT LOIRE INDUSTRIE  
(Société Anonyme)  
F-92800 Puteaux (FR)

(72) Inventeurs:  
• Beguinot, Jean  
71200 - Le Creusot (FR)

• Chenou, Frédéric  
71200 - Le Creusot (FR)  
• Primon, Gilbert  
71230 - Saint Vallier (FR)

(74) Mandataire: Ventavoli, Roger  
USINOR SACLOR,  
Direction Propriété Industrielle,  
Immeuble "La Pacific",  
La Défense 7,  
11/13 Cours Valmy,  
TSA 10001  
92070 La Défense (FR)

(54) Acier utilisable notamment pour la fabrication de moules pour injection de matière plastique

(57) Acier utilisable notamment pour la fabrication de moules pour injection de matières plastiques dont la composition chimique comprend, en poids:  $0,03\% \leq C \leq 0,25\%$ ,  $0\% \leq Si \leq 0,2\%$ ,  $0\% \leq Mn \leq 0,9\%$ ,  $1,5\% \leq Ni \leq 5\%$ ,  $0\% \leq Cr \leq 18\%$ ,  $0,05\% \leq Mo + W/2 \leq 1\%$ ,  $0\% \leq S \leq 0,3\%$ , au moins un élément pris parmi Al et Cu en des teneurs comprises entre 0,5% et 3%, éventuellement  $0,0005\% \leq B \leq 0,015\%$ , éventuellement au moins un élément pris parmi V, Nb, Zr, Ta et Ti, en des teneurs comprises entre 0% et 0,3%, éventuellement au moins

un élément pris parmi Pb, Sn, Te et Bi, en des teneurs comprises entre 0% et 0,3%, le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration, notamment de l'azote; la composition chimique satisfait, en outre, les relations:  $Kth = 3,8 \times C + 9,8 \times Si + 3,3 \times Mn + 2,4 \times Ni + \alpha \times Cr + 1,4 \times (Mo + W/2) \leq 15$ , avec  $\alpha = 1,4$  si  $Cr < 8\%$  et  $\alpha = 0$  si  $Cr \geq 8\%$ ;  $Tr = 3,8 \times C + 1,07 \times Mn + 0,7 \times Ni + 0,57 \times Cr + 1,58 \times (Mo + W/2) + kB \geq 3,1$ , avec  $kB = 0,8$  si B compris entre 0,0005% et 0,015%, et  $kB = 0$  si non; si  $Cr \leq 5\%$ ,  $Kth / Tr \leq 3$ . Bloc en acier de dureté supérieure à 350 HB et fil de soudure.

EP 0 792 944 A1

## Description

La présente invention concerne un acier à durcissement structural utilisable, notamment, pour la fabrication de moules pour injection de matière plastique.

5 Les moules pour injection de matières plastiques sont constitués d'assemblages de pièces usinées dans des blocs d'acier de façon à former une empreinte ayant la forme des objets à fabriquer par moulage. Les objets sont moulés en série et les moulages successifs engendrent une usure de la surface de l'empreinte. Après la fabrication d'un certain nombre d'objets, les moules sont hors d'usage et doivent être remplacés ou réparés. La réparation, lorsqu'elle est possible, consiste en un rechargement par soudure suivi d'un usinage et d'un polissage ou d'un grenaage chimique de la surface de l'empreinte. Pour que la réparation par soudure soit possible, il faut, notamment, que le métal apporté par soudure et que les zones affectées par la chaleur de soudage dans le métal de base aient des propriétés satisfaisantes. L'aptitude à la réparation par soudage est obtenue, notamment, en utilisant un acier à durcissement structural traité par trempe et revenu. Le durcissement structural est obtenu en ajoutant à l'acier de 2% à 5% de nickel et au moins un élément pris parmi l'aluminium et le cuivre, en des teneurs comprises entre 0,5% et 3%. La présence combinée de nickel et de cuivre ou d'aluminium permet d'obtenir par trempe et revenu une structure bainitique ou martensitique, dont la résistance à la traction est de l'ordre de 1400 MPa et la dureté d'environ 400 HB. Le durcissement résultant de la précipitation au cours du revenu de composés intermétalliques, la teneur en carbone peut être limitée. Cette teneur en carbone limitée permet de réparer les pièces par soudure sans que la dureté des zones affectées par la chaleur dépasse sensiblement 400 HB.

15 Outre le nickel, le cuivre et l'aluminium, la composition chimique de l'acier comprend, en poids, moins de 0,25% de carbone, moins de 1% de silicium, de 0,9% à 2% de manganèse, de 2% à 5% de nickel, de 0% à 18% de chrome, de 0,05% à 1% de molybdène, de 0% à 0,2% de soufre, éventuellement du titane, du niobium ou du vanadium en des teneurs inférieures à 0,1%, éventuellement du bore en des teneurs inférieures à 0,003%, le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration.

25 Pour certaines applications, les moules ont besoin de résister à la corrosion, et la teneur en chrome est choisie supérieure à 8%. Pour d'autres applications, la résistance à la corrosion ne présente pas d'intérêt particulier, et la teneur en chrome reste inférieure à 2%.

L'utilisation de moules ainsi fabriqués, qu'ils aient ou non besoin de résister à la corrosion, présente l'inconvénient de limiter la productivité des installations de moulage par injection de matières plastiques. En effet, une opération de moulage comporte plusieurs phases successives, dont une phase de solidification de la matière plastique par refroidissement qui est relativement longue.

30 De plus, la fabrication des moules qui se fait notamment par usinage de blocs d'acier dont l'épaisseur peut atteindre 800 mm, voire 1000 mm, peut présenter des difficultés résultant de la présence de bandes ségrégées. Ces difficultés sont, d'ailleurs, d'autant plus importantes que les blocs d'acier sont épais.

35 Le but de la présente invention est de remédier à ces inconvénients en proposant un acier, utilisable pour la fabrication de moules pour injection de matière plastique, ayant une résistance à la traction  $R_m$  de l'ordre de 1400 MPa, une dureté supérieure à 350 HB, et de préférence supérieure à 380 HB, une bonne soudabilité, une usinabilité satisfaisante même pour des épaisseurs très importantes et permettant d'augmenter la productivité des installations de moulage par injection en raccourcissant les durées de refroidissement après injection.

40 A cet effet, l'invention a pour objet un acier, utilisable notamment pour la fabrication de moules pour injection de matières plastiques, dont la composition chimique comprend, en poids :

$$0,03\% \leq C \leq 0,25\%$$

$$0\% \leq Si \leq 0,2\%$$

$$0\% \leq Mn \leq 0,9\%$$

$$1,5\% \leq Ni \leq 5\%$$

$$0\% \leq Cr \leq 18\%$$

# EP 0 792 944 A1

$$0,05\% \leq Mo + W/2 \leq 1\%$$

$$0\% \leq S \leq 0,3\%$$

5

- au moins un élément pris parmi Al et Cu en des teneurs comprises chacune entre 0,5% et 3%,
- éventuellement de 0,0005% à 0,015% de bore,
- éventuellement au moins un élément pris parmi V, Nb, Zr, Ta et Ti, en des teneurs comprises, chacune, entre 0% et 0,3%,
- éventuellement au moins un élément pris parmi Pb, Se, Te et Bi, en des teneurs comprises chacune entre 0% et 0,3%,
- de préférence moins de 0,003 % d'azote,

10

- 15 le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration ; la composition chimique satisfaisant, en outre et simultanément, les relations :

$$K_{th} = 3,8 \times C + 9,8 \times Si + 3,3 \times Mn + 2,4 \times Ni + \alpha \times Cr + 1,4 \times (Mo + W/2) \leq At$$

20

dans cette formule,  $\alpha = 1,4$  si  $Cr < 8\%$ , et  $\alpha = 0$  si  $Cr \geq 8\%$  ; et  $At = 15$ , de préférence  $At = 13$ , et mieux encore  $At = 11$  ; et :

$$Tr = 3,8 \times C + 1,07 \times Mn + 0,7 \times Ni + 0,57 \times Cr + 1,58 \times (Mo + W/2) + kB \geq Bt$$

25

$kB = 0,8$  lorsque l'acier contient entre 0,0005 % et 0,015 % de bore, et  $kB = 0$  si non ;  $Bt = 3,1$ , et de préférence  $Bt = 4,1$  ; et :

30

$$K_{th}/Tr \leq Ct$$

avec  $Ct = 3$ , de préférence  $Ct = 2,8$ , et mieux encore  $Ct = 2,5$ .

35

La composition de l'acier peut être avantageusement choisie de telle façon que :

$$3,8 \times C + 3,3 \times Mn + 2,4 \times Ni + \alpha \times Cr + 1,4 \times (Mo + W/2) \leq B$$

40

De préférence, la composition chimique de l'acier doit être telle que la teneur en manganèse soit inférieure ou égale à 0,7%, et, mieux encore, inférieure ou égale à 0,5% ; de même, il est préférable que la teneur en silicium soit inférieure ou égale à 0,1%.

45

Lorsque l'acier est destiné à fabriquer des moules devant résister à la corrosion, la teneur en chrome doit, de préférence, être supérieure ou égale à 8%. Lorsque la résistance à la corrosion n'est pas nécessaire, la teneur en chrome doit, de préférence, être inférieure ou égale à 5%, et, mieux encore, inférieure ou égale à 2%, et il est préférable que l'acier contienne du bore.

50

L'invention concerne également un bloc en acier selon l'invention de dimension caractéristique  $d$  supérieure ou égale à 20 mm, qui a, en tous points, une structure soit martensitique, soit bainitique, soit martensito-bainitique, revenu, de duréte supérieure à 350 HB.

De préférence, la composition chimique de l'acier constituant le bloc est telle que :

$$3,8 \times C + 1,07 \times Mn + 0,7 \times Ni + 0,57 \times Cr + 1,58 \times (Mo + W/2) + kB \geq f(d)$$

55

$kB = 0,8$  lorsque l'acier contient entre 0,0005 % et 0,015 % de bore, et  $kB = 0$  si non, avec

$$f(d) = 2,05 + 1,04 \times \log(d)$$

et de préférence :

$$f(d) = -0,8 + 1,9 \times \log(d)$$

dans ce cas, le bloc d'acier doit être trempé à l'eau.

L'expression "log(d)" représente le logarithme décimal de la dimension caractéristique d exprimée en mm.

L'invention va maintenant être décrite plus en détail, mais de façon non limitative, notamment à l'aide des exemples qui suivent.

L'acier selon l'invention est un acier à durcissement structural, dont la composition chimique comprend, en poids :

- plus de 0,03% de carbone pour assurer une résistance suffisante à l'adoucissement au revenu, mais moins de 0,25% pour obtenir une bonne soudabilité caractérisée par une dureté des ZAT de soudage ne dépassant pas 430 HB ;
- de 0% à 0,2%, et de préférence moins de 0,1%, de silicium ; cet élément habituellement nécessaire à la désoxydation de l'acier au cours de l'élaboration ne doit pas dépasser 0,2% afin d'éviter une réduction excessive de la conductibilité thermique de l'acier ;
- de 0% à 0,9% de manganèse pour, d'une part, fixer le soufre, et d'autre part, conférer à l'acier une trempabilité suffisante ; le teneur est limitée à 0,9%, et de préférence à 0,7%, et, mieux encore, à 0,5%, pour d'une part contribuer à obtenir une conductibilité thermique la plus grande possible, et d'autre part, et surtout, éviter la formation de bandes ségréguées très défavorables à l'usinabilité ;
- de 1,5% à 5% de nickel pour, lors du revenu, former avec l'aluminium ou le cuivre des précipitations durcissantes ; compte tenu du niveau de dureté visé après revenu, une addition d'au moins 1,5% de nickel est souhaitable et il n'est pas nécessaire de dépasser 5%, car, au delà, l'effet d'une addition supplémentaire de nickel n'est pas significatif et cet élément est très coûteux ;
- de 0% à 18% de chrome, et, de préférence, de 8% à 18% lorsque une résistance à la corrosion est nécessaire ; lorsque la résistance à la corrosion n'est pas utile, la teneur en chrome est, de préférence, inférieure à 5%, et, mieux encore, inférieure à 2% ;
- de 0,05% à 1% de molybdène, notamment pour renforcer la résistance à l'adoucissement au revenu et soutenir, ainsi, le durcissement obtenu par les précipités intermétalliques de nickel, cuivre et aluminium ; les teneurs maximales sont fixées pour ne pas nuire à la conductibilité thermique et ne pas trop augmenter le coût de l'acier ; le molybdène peut être remplacé totalement ou partiellement par du tungstène à raison de 2% de tungstène pour 1% de molybdène, de ce fait, pour ces deux éléments, l'analyse est définie par la valeur Mo + W/2 ;
- éventuellement de 0,0005% à 0,015% de bore pour augmenter la trempabilité sans détériorer la conductibilité thermique de l'acier ; le chrome étant un élément qui augmente sensiblement la trempabilité de l'acier, l'addition de bore est particulièrement souhaitable lorsque la teneur en chrome est inférieure ou égale à 2% ;
- de 0% à 0,3% de soufre ; cet élément améliore l'usinabilité, mais en trop forte teneur il nuit à la qualité des surfaces actives des moules, lesquelles surfaces sont, généralement, soit polies, soit grenées ;
- au moins un élément pris parmi l'aluminium et le cuivre en des teneurs comprises entre 0,5% et 3% chacune, pour obtenir un effet de durcissement structural par précipitation de composés intermétalliques au cours du revenu, ce qui permet d'obtenir à la fois une grande dureté et une bonne soudabilité ;
- éventuellement, au moins un élément pris parmi le vanadium, le niobium, le zirconium, le tantalum et le titane, en des teneurs comprises chacune entre 0% et 0,3%, et de préférence supérieure à 0,01% chacune, en particulier pour rendre plus fiable l'effet du bore, notamment lorsque l'acier est trempé dans la chaude de forgeage ou de laminage ;
- éventuellement au moins un élément pris parmi le plomb, le sélénium, le tellure et le bismuth, en des teneurs comprises chacune entre 0,1% et 0,3%, afin d'améliorer l'usinabilité sans trop détériorer l'aptitude au polissage ou au grenage chimique ;
- de préférence, moins de 0,003 % d'azote pour éviter la formation de gros nitrures d'aluminium défavorables à l'obtention d'une bonne aptitude au polissage ;

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration.

Il n'est pas toujours possible ou souhaitable de limiter la teneur en azote à moins de 0,003 %, en particulier parce qu'il est coûteux d'enlever l'azote apportée par l'élaboration. Lorsque la teneur en azote ne peut pas être limitée à moins de 0,003 %, il est préférable de fixer l'azote sous forme de fins nitrures de titane ou de zirconium. Pour cela, il

est souhaitable que les teneurs en titane, zirconium et azote (élément toujours présent, au moins à titre d'impureté) en des teneurs comprises entre quelques ppm et quelques centaines de ppm) soient telles que :

$$0,00003 \leq (N)(Ti + Zr/2) \leq 0,0016$$

et que le titane ou le zirconium soient introduits dans l'acier par dissolution progressive d'une phase oxydée de titane ou de zirconium, par exemple en effectuant l'ajout de titane ou de zirconium dans de l'acier non désoxydé, puis en ajoutant un désoxydant fort tel que l'aluminium. Ces conditions permettent d'obtenir une dispersion très fine de nitrures de titane ou de zirconium favorable à la résilience, à l'usinabilité, et à la polissabilité. Lorsque le titane ou le zirconium sont introduits de cette façon préférentielle, le nombre de nitrures de titane ou de zirconium de taille supérieure à 0,1  $\mu$ m, comptés sur une aire de 1mm<sup>2</sup> d'une coupe micrographique d'acier solide, est inférieure à 4 fois la somme de la teneur totale en titane précipité sous forme de nitrures et de la moitié de la teneur totale en zirconium précipité sous forme de nitrures, exprimées en millièmes de %.

La composition chimique de l'acier doit, en outre, satisfaire deux conditions relatives d'une part à la trempabilité et d'autre part à la conductibilité thermique.

Afin d'obtenir des caractéristiques de résistance mécanique et de dureté satisfaisantes, résistance à la traction d'environ 1400 MPa et dureté de l'ordre de 400 HB (c'est à dire au moins supérieure à 350 HB, et de préférence supérieure à 380 HB), les pièces constituant les moules d'injection de matière plastique doivent être usinées dans des blocs d'abord trempés pour leur conférer une structure soit entièrement martensitique, soit entièrement bainitique, soit mixte martensite-bainitique, mais, en tout état de cause, exempte de ferrite et de perlite, puis revenus pour les durcir par précipitation de composés intermétalliques. La trempe peut être faite, par exemple, par refroidissement à l'eau, à l'huile ou à l'air après austénitisation, de préférence, entre 650°C et 1050°C, ou directement dans la chaudière de forge ou de laminage. Le revenu s'effectue, en général, entre 500°C et 550°C.

Les blocs sont, par exemple, des tôles laminées ou des larges plats forgés dont l'épaisseur est supérieure à 20 mm et peut aller jusqu'à 800 mm, voire 1000 mm. Dans ces conditions, pour que la structure soit entièrement trempée, y compris à coeur des blocs, la trempabilité de l'acier doit être suffisante. Pour cela, la composition chimique de l'acier doit satisfaire la relation suivante :

$$Tr = 3,8 \times C + 1,07 \times Mn + 0,7 \times Ni + 0,57 \times Cr + 1,58 \times (Mo + W/2) + kB \geq Bt$$

kB = 0,8 lorsque l'acier contient entre 0,0005 % et 0,015 % de bore, et kB = 0 si non.

La constante Bt qui représente la trempabilité minimale à obtenir doit au moins être égale à 3,1 et, pour les épaisseurs importantes, au moins égale à 4,1.

Plus précisément, chaque bloc a une dimension caractéristique d qui détermine la vitesse de refroidissement à coeur pour un mode de refroidissement déterminé. Pour obtenir la structure souhaitée, la trempabilité doit être adaptée à la dimension caractéristique d, et pour cela, la composition chimique de l'acier doit être telle que :

$$3,8 \times C + 1,07 \times Mn + 0,7 \times Ni + 0,57 \times Cr + 1,58 \times (Mo + W/2) + kB \geq f(d)$$

avec :

$$f(d) = 2,05 + 1,04 \times \log(d)$$

lorsque le bloc est trempé par refroidissement à l'air, et :

$$f(d) = -0,8 + 1,9 \times \log(d)$$

lorsque le bloc d'acier est trempé à l'eau, ce qui est préférable.

L'expression "log(d)" représente le logarithme décimal de la dimension caractéristique d exprimée en mm. Cette dimension caractéristique est, par exemple, l'épaisseur d'une tôle ou le diamètre d'une barre ronde.

Par ailleurs, les inventeurs ont constaté qu'il était possible de minimiser la conductibilité thermique de l'acier en choisissant convenablement sa composition chimique. Ceci a l'avantage de permettre d'augmenter la productivité des

# EP 0 792 944 A1

opération d'injection de matière plastique en raccourcissant la phase de refroidissement qui suit la phase d'injection. Pour cela, la composition chimique de l'acier doit être telle que :

$$K_{th} = 3,8 \times C + 9,8 \times Si + 3,3 \times Mn + 2,4 \times Ni + \alpha \times Cr + 1,4 \times (Mo + W/2)$$

soit le plus petit possible, et, au moins, que  $K_{th}$  soit inférieur à 15, de préférence inférieur à 13, et mieux encore inférieur à 11.

De préférence, la composition doit être telle que :

$$3,8 \times C + 3,3 \times Mn + 2,4 \times Ni + \alpha \times Cr + 1,4 \times (Mo + W/2) \leq 8$$

Dans ces expressions,  $\alpha = 1,4$  si la teneur en chrome est inférieure à 8%, et  $\alpha = 0$  si la teneur en chrome est supérieure ou égale à 8%. En effet, lorsque la teneur en chrome est supérieure ou égale à 8%, celle-ci est ajustée essentiellement en fonction de considérations relatives à la résistance à la corrosion. Dans le cas contraire, cette teneur peut être ajustée pour maximiser la conductivité thermique.

$K_{th}$  est un indice sans dimension variant dans le même sens que la résistivité thermique de l'acier, c'est à dire inversement proportionnel à la conductivité thermique.

En fait, pour les aciers n'ayant pas besoin de résister à la corrosion ( $Cr < 8\%$  ou même  $Cr \leq 5\%$ ) la difficulté essentielle consiste à concilier une trempabilité suffisante pour obtenir à cœur de pièces épaisses les caractéristiques mécaniques souhaitées, une faible teneur en manganèse pour limiter, voire éviter, la présence de bandes ségréguées, et une résistivité thermique la plus faible possible ou, ce qui est équivalent, une conductivité thermique la plus grande possible (pour les aciers devant résister à la corrosion, du fait de la forte teneur en chrome, le problème de la trempabilité ne se pose pas). Les inventeurs ont constaté que pour obtenir cet optimum, il est souhaitable et possible d'ajouter une condition supplémentaire relative au rapport  $K_{th}/Tr$ , en imposant que  $K_{th}/Tr$  soit inférieur ou égal à 3, de préférence inférieur ou égal à 2,8, et mieux encore inférieur ou égal à 2,5.

Une solution particulièrement intéressante correspond à un acier dont la composition chimique comprend, en poids :

$$0,1\% \leq C \leq 0,16\%$$

$$0\% \leq Si \leq 0,15\%$$

$$0,6\% \leq Mn \leq 0,9\%$$

$$2,6\% \leq Ni \leq 3,3\%$$

$$0\% \leq Cr \leq 0,8\%$$

$$0,2\% \leq Mo + W/2 \leq 0,35\%$$

$$0,9\% \leq Al \leq 1,5\%$$

$$0,9\% \leq Cu \leq 1,5\%$$

$$0,0005\% \leq B \leq 0,015\%$$

# EP 0 792 944 A1

$$0\% \leq S \leq 0,3\%$$

- éventuellement au moins un élément pris parmi V, Nb, Zr, Ta et Ti, en des teneurs comprises chacune entre 0% et 0,3%,
- éventuellement au moins un élément pris parmi Pb, Se, Te et Bi, en des teneurs comprises chacune entre 0% et 0,3%,

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration.

- 10 Avec l'analyse moyenne, cet acier permet d'obtenir un coefficient de résistivité thermique  $K_{th} = 11,75$ , une trempeabilité  $Tr = 4,76$ , un rapport  $K_{th}/Tr = 2,5$ , et une dureté supérieure à 350 HB, quasiment uniforme dans toute la masse de blocs d'épaisseur pouvant atteindre 800 mm trempés à l'air.

- 15 A titre de premier exemple, on a fabriqué des pièces de moule pour injection de matière plastique, par usinage de tôles d'épaisseur de 50 à 500 mm repérées A, B, C, D, E, F, F1, G, H, I, J et J1. Les tôles repérées A à F1 étaient conformes à l'invention, et, à titre de comparaison, les tôles repérées G à J1 étaient selon l'art antérieur. Les compositions chimiques, en millièmes de % en poids sont indiquées au tableau 1.

Toutes les tôles ont été laminées à 1100°C avant d'être soumises à un traitement thermique pour obtenir des duretés toutes comprises entre 385 HB et 420 HB.

- 20 Les épaisseurs  $d$  (en mm), les traitements thermiques, les indices de résistivité thermique  $K_{th}$ , les valeurs de conductivité thermique  $C_{th}$  (en  $W/m^2K$ ) et les indices de trempeabilité  $Tr$  ( $K$  et  $Tr$  sont des indices sans dimension) sont indiqués au tableau 2.

Tableau 1

	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	Al	Cu	Nb	V	B
25	A	115	45	500	3100	150	310	1100	1050		3
	B	105	57	750	3040	160	295	1140	1050	30	3
	C	115	85	710	3110	140	305	1110	1600		3
30	D	130	50	300	2750	130	285	1090	1070		3
	E	120	130	850	3020	150	305	1110	1075	55	3
	F	100	50	200	2500	100	250	1120	1080		3
35	F1	130	85	850	2800	1200	300	1120	1080		3
	G	130	350	1150	3050	200	290	1100	1080		
	H	125	65	1520	3100	190	320	1130	1020		
40	I	145	85	1090	3200	210	305	1120	1050		3
	J	140	490	1600	3100	850	340	1050	1450		
	J1	130	350	1500	3000	1000	300	1050	1450		

- 45 Les résultats reportés au tableau 2 montrent que les aciers selon l'invention ont des conductivités thermiques de 10% (E comparé à H) à 60% (F comparé à J) plus fortes que celles des aciers selon l'art antérieur. Ces conductivités thermiques plus fortes permettent d'augmenter significativement la productivité des moules en réduisant la durée des phases de refroidissement au cours des cycles de moulage. On peut également comparer les aciers F1 et I, J et J1 qui permettent tous les quatre de fabriquer des blocs de 900 mm d'épaisseur par refroidissement à l'air. L'acier F1 selon l'invention a une conductivité thermique supérieure de 30 % à celle des aciers J et J1 conformes à l'art antérieur.
- 50 De plus, la teneur en manganèse de l'acier F1 est très sensiblement plus faible que celle de ces aciers, ce qui est très favorable à la réduction des ségrégations. L'acier I conforme à l'art antérieur, bien qu'ayant une teneur en silicium faible, a une conductivité thermique inférieure de plus de 10 % à celle de l'acier F1.

Tableau 2

	d	austénitisation	trempe	revenu	Kth	Tr	Cth	Kth/Tr
A	80	950°C	air	525°C-2h	10,6	4,5	43	2,3

Tableau 2 (suite)

	d	austénitisation	trempe	revenu	Kth	Tr	Cth	Kth/Tr
B	130	chaude de laminage	air	525°C-2h	11,4	4,7	40	2,4
C	500	950°C	eau	525°C-9h	11,7	4,7	40	2,5
D	200	950°C	eau	525°C-9h	9,2	4,1	45	2,2
E	150	950°C	air	525°C-2h	12,4	4,8	39	2,6
F	100	950°C	eau	525°C-2h	7,6	3,3	47	2,4
F1	900	? 950°C	air	? 525°C-2h	12,1	5,32	39	2,3
G	80	950°C	air	525°C-2h	15,7	4,4	34	3,6
H	400	950°C	eau	525°C-9h	14,3	4,9	36	2,9
I	130	950°C	air	525°C-2h	13,4	5,3	35	2,6
J	160	950°C	air	525°C-2h	19,7	5,4	29	3,6
J1	900	950°C	air	525°C-2h	17,9	5,2	30	3,4

A titre de deuxième exemple, on a fabriqué des moules pour injection de matières plastiques, devant résister à la corrosion, avec l'acier M selon l'invention, et N conforme à l'art antérieur. Ces aciers ont été laminés sous forme de tôles d'épaisseur 150 mm, puis soumises à un traitement thermique par trempe air et revenu à 550°C pendant 2 heures. Les analyses chimiques, en millièmes de % en poids, sont indiquées au tableau 3, et les caractéristiques obtenues, au tableau 4.

Tableau 3

	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	Al	Cu	Nb	V	B
M	40	50	300	3500	16000	600	2200	1550			
N	50	450	1100	4100	16000	550	2100	1450			

Tableau 4

	HB	Kth	Tr	Cth
M	415	10,8	13,0	22
N	430	18,8	14,2	18

On constate un écart de conductibilité thermique de 20% en faveur de l'acier selon l'invention ce qui conduit aux mêmes avantages que ceux qui ont été indiqués précédemment.

L'acier selon l'invention est, en général, fabriqué sous forme de tôles laminées ou sous forme de barres ou de larges plats forgés mais il peut, également, être fabriqué sous toute autre forme, et, en particulier, sous forme de fil.

Pour que parties réparées par soudure aient les mêmes propriétés que la masse du moule, aussi bien la conductibilité thermique que les propriétés requises pour la surface de l'empreinte, la réparation par soudure doit, de préférence, être faite avec des fils de soudage de composition voisine de la composition de la masse du moule. Aussi, l'acier selon l'invention est également fabriqué sous forme de fil de soudage.

#### Revendications

1. Acier, utilisable notamment pour la fabrication de moules pour injection de matières plastiques, caractérisé en ce que sa composition chimique comprend, en poids:

$$0,03\% \leq C \leq 0,25\%$$



# EP 0 792 944 A1

$$0\% \leq \text{Si} \leq 0,2\%$$

$$0\% \leq \text{Mn} \leq 0,9\%$$

$$1,5\% \leq \text{Ni} \leq 5\%$$

$$0\% \leq \text{Cr} \leq 18\%$$

$$0,05\% \leq \text{Mo} + \text{W}/2 \leq 1\%$$

$$0\% \leq \text{S} \leq 0,3\%$$

- au moins un élément pris parmi Al et Cu en des teneurs comprises chacune entre 0,5% et 3%,
- éventuellement  $0,0005\% \leq \text{B} \leq 0,015\%$ ,
- éventuellement au moins un élément pris parmi V, Nb, Zr, Ta et Ti, en des teneurs comprises chacune entre 0% et 0,3%,
- éventuellement au moins un élément pris parmi Pb, Se, Te et Bi, en des teneurs comprises chacune entre 0% et 0,3%.

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration, notamment de l'azote, la composition chimique satisfaisant, en outre, les relations:

$$\text{Kih} = 3,8 \times \text{C} + 9,8 \times \text{Si} + 3,3 \times \text{Mn} + 2,4 \times \text{Ni} + \alpha \times \text{Cr} + 1,4 \times (\text{Mo} + \text{W}/2) \leq 15$$

avec  $\alpha = 1,4$  si  $\text{Cr} < 8\%$ , et  $\alpha = 0$  si  $\text{Cr} \geq 8\%$ ,  
et:

$$\text{Tr} = 3,8 \times \text{C} + 1,07 \times \text{Mn} + 0,7 \times \text{Ni} + 0,57 \times \text{Cr} + 1,56 \times (\text{Mo} + \text{W}/2) + \text{kB} \geq 5,1$$

avec  $\text{kB} = 0,8$  si la teneur en bore est comprise entre 0,0005% et 0,015%, et  $\text{kB} = 0$  si non,  
et, si  $\text{Cr} \leq 5\%$ :

$$\text{Kih}/\text{Tr} \leq 3$$

2. Acier selon la revendication 1 caractérisé en ce que:

$$\text{Kih} = 3,8 \times \text{C} + 9,8 \times \text{Si} + 3,3 \times \text{Mn} + 2,4 \times \text{Ni} + \alpha \times \text{Cr} + 1,4 \times (\text{Mo} + \text{W}/2) \leq 13$$

3. Acier selon la revendication 2 caractérisé en ce que:

$$\text{Kih} = 3,8 \times \text{C} + 9,8 \times \text{Si} + 3,3 \times \text{Mn} + 2,4 \times \text{Ni} + \alpha \times \text{Cr} + 1,4 \times (\text{Mo} + \text{W}/2) \leq 11$$

4. Acier selon la revendication 1 caractérisé en ce que:

$$3,8 \times \text{C} + 3,3 \times \text{Mn} + 2,4 \times \text{Ni} + \alpha \times \text{Cr} + 1,4 \times (\text{Mo} + \text{W}/2) \leq 8$$

EP 0 792 944 A1

avec  $\alpha = 1,4$  si  $Cr < 8\%$ , et  $\alpha = 0$  si  $Cr \geq 8\%$ ,

5. Acier selon la revendication 1 caractérisé en ce que:

$$Tr = 3,8 \times C + 1,07 \times Mn + 0,7 \times Ni + 0,57 \times Cr + 1,68 \times (Mo + W/2) + kB \geq 4,1$$

6. Acier selon la revendication 1 caractérisé en ce que:

$$Kth/Tr \leq 2,8$$

7. Acier selon la revendication 6 caractérisé en ce que:

$$Kth/Tr \leq 2,5$$

8. Acier selon la revendication 1 caractérisé en ce que sa composition chimique est telle que:

$$Mn \leq 0,7\%$$

9. Acier selon la revendication 8 caractérisé en ce que sa composition chimique est telle que:

$$Mn < 0,5\%$$

10. Acier selon la revendication 1 caractérisé en ce que sa composition chimique est telle que:

$$Si \leq 0,1\%$$

11. Acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 10 caractérisé en ce que:

$$Cr \leq 5\%$$

12. Acier selon la revendication 11 caractérisé en ce que:

$$Cr \leq 2\%$$

$$0,0005\% \leq B \leq 0,005\%$$

13. Acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 et 8 à 10 caractérisé en ce que

$$Cr \geq 8\%$$

14. Acier selon la revendication 1 caractérisé en ce que la teneur en azote est inférieure à 0,003 %.

15. Bloc en acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 14 caractérisé en ce que il a une dimension caractéristique d supérieure ou égale à 20 mm, et en ce que, en tous points, il a une structure martensitique, bainitique ou martenito-bainitique revenue de dureté supérieure à 350 HB

16. Bloc selon la revendication 15 caractérisé en ce que la composition chimique de l'acier est telle que

EP 0 792 944 A1

$$3,8 \times C + 1,07 \times Mn + 0,7 \times Ni + 0,57 \times Cr + 1,58 \times (Mo + W/2) + kB \geq 2,05 + 1,04 \times \log(d)$$

17. Bloc selon la revendication 15 caractérisé en ce que la composition chimique de l'acier est telle que:

$$3,8 \times C + 1,07 \times Mn + 0,7 \times Ni + 0,57 \times Cr + 1,58 \times (Mo + W/2) + kB \geq -0,8 + 1,9 \times \log(d)$$

18. Fil de soudage en acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 14.



Office européen  
des brevets

## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 97 40 0354

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Caractères du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSIFICATION DE LA DEMANDE (Int.CI.8)
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 94, no. 0910 & JP 06 279922 A (KOBE STEEL LTD.), 4 Octobre 1994, * abrégé *	1,11	C22C38/08 C22C38/42
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 17, no. 394 (C-1888), 23 Juillet 1993 & JP 05 076889 A (DAIDO STEEL CO.LTD.), 23 Mars 1993, * abrégé *	1	
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 15, no. 324 (C-859), 19 Août 1991 & JP 03 122252 A (HITACHI METALS LTD.), 24 Mai 1991, * abrégé *	1,11	
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 12, no. 373 (C-534), 6 Octobre 1988 & JP 63 125644 A (HITACHI METALS LTD.), 28 Mai 1988, * abrégé *	1,11	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CI.8) C22C
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 12, no. 358 (C-531), 26 Septembre 1988 & JP 63 114942 A (HITACHI METALS LTD.), 19 Mai 1988, * abrégé *	1,15	
Y	US 3 926 621 A (ASADA ET AL.) * le document en entier *	1,9,15	
Y	DE 19 12 624 A (INTERNATIONAL NICKEL LTD.) * revendications 1-8; tableau II *	1,9	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 25 Mai 1997	Examinateur Lippens, M
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
<p>X : particulièrement pertinent à lui seul  Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie  A : autre plus technologique  D : divulgation non-écrite  P : document intermédiaire</p>			
<p>1 : thème ou principe à la base de l'invention  P : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date  D : cité dans la demande  I : cité pour d'autres raisons  A : membre d'une même famille, document correspondant</p>			

EP 0 792 944 A1 (Int.CI.8)